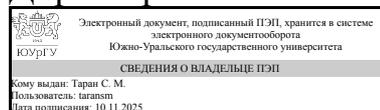


УТВЕРЖДАЮ:

Директор



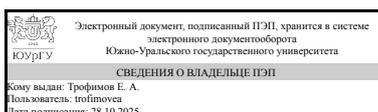
С. М. Таран

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.М0.04 Физика деформации материалов
для направления 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
уровень Магистратура
магистерская программа Материалы будущего для специального машиностроения
форма обучения очная
кафедра-разработчик Материаловедение и физико-химия материалов**

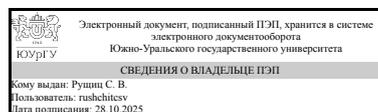
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, утверждённым приказом Минобрнауки от 24.04.2018 № 306

Зав.кафедрой разработчика,
Д.ХИМ.Н., доц.



Е. А. Трофимов

Разработчик программы,
д.физ.-мат.н., доц., профессор



С. В. Рушиц

1. Цели и задачи дисциплины

Формирование у студентов современных представлений о физических процессах, протекающих при пластической деформации материалов, о закономерностях эволюции структуры и механических свойств в ходе пластической деформации, о методах исследования, анализа и моделирования деформационного поведения материалов, необходимых для проведения комплексных исследований и прогнозирования свойств материалов.

Краткое содержание дисциплины

Механизмы пластической деформации и основы теории дислокаций. Механизмы упрочнения материалов. Экспериментальные методы моделирования пластической деформации. Холодная и теплая пластическая деформация. Горячая деформация. Ползучесть и сверхпластичность.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен разрабатывать новые конструкционные и функциональные материалы для продукции высокотехнологичных производств	Знает: механизмы упрочнения, дислокационные модели холодной и горячей деформации, ползучести и сверхпластичности металлических материалов Умеет: использовать дислокационные модели для предсказания поведения материалов в процессе пластической деформации Имеет практический опыт: физического моделирования процессов пластической деформации

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Фазовые и структурные превращения в металлических материалах, Конструкционные стали и сплавы, Современные методы исследования структуры материалов, Аддитивные технологии в изготовлении деталей узлов и агрегатов современного машиностроения	Структура и свойства функциональных покрытий и технологии их нанесения

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Современные методы исследования структуры материалов	Знает: приборную базу, возможности и методы оптической, зондовой, сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии

	Умеет: выполнять структурные исследования с использованием оптической и сканирующей электронной микроскопии, использовать методы исследования структуры для оценки качества термической обработки изделий Имеет практический опыт: подготовки образцов для структурных исследований, работы на оптическом и сканирующем электронном
Фазовые и структурные превращения в металлических материалах	Знает: основные закономерности фазовых равновесий и структурных превращений при кристаллизации и термической обработке металлов и сплавов Умеет: оценивать структуру материалов с помощью диаграмм состояния, выработать рекомендации по составу и термообработке изделий для двигателестроения Имеет практический опыт: решения поставленных задач по вопросам фазовых равновесий и структурообразования в металлических изделиях для двигателей
Аддитивные технологии в изготовлении деталей узлов и агрегатов современного машиностроения	Знает: теоретические и технологические основы аддитивного производства Умеет: применять знания по физико-химическим основам аддитивного производства в профессиональной деятельности Имеет практический опыт: решения задач связанных с теорией и технологией аддитивного производства
Конструкционные стали и сплавы	Знает: основные виды конструкционных сталей и сплавов, особенности их поведения Умеет: выбирать и разрабатывать новые конструкционные стали и сплавы, выбирать перспективные стали и сплавы для решения производственных задач Имеет практический опыт: разработки типовых конструкционных материалов

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч., 78,75 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		2	3
Общая трудоёмкость дисциплины	216	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	32	32
Лекции (Л)	32	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	137,25	69,75	67,5
Подготовка к экзамену	67,5	0	67,5

Подготовка к занятиям	69,75	69.75	0
Консультации и промежуточная аттестация	14,75	6,25	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Механизмы пластической деформации и основы теории дислокаций	16	8	8	0
2	Механизмы упрочнения	8	4	4	0
3	Экспериментальные методы моделирования пластической деформации	4	2	2	0
4	Холодная и теплая пластическая деформация	16	8	8	0
5	Горячая деформация	12	6	6	0
6	Ползучесть и сверхпластичность	8	4	4	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение в курс. Цели и задачи курса. Сдвиговый механизм пластической деформации. Системы скольжения. Критические напряжения сдвига. Ориентационный фактор. Теоретическая сдвиговая прочность бездефектных кристаллов.	2
2	1	Краевые и винтовые дислокации. Смешанные дислокации и дислокационные петли. Сопротивление движению дислокаций со стороны кристаллической решетки. Консервативное и неконсервативное движения дислокаций.	2
3	1	Сила, действующая на дислокацию со стороны внешних касательных напряжений. Напряжения вокруг дислокаций. Энергия дислокации. Сила натяжения дислокационной линии. Размножение дислокаций. Плоские скопления дислокаций.	2
4	1	Упругое взаимодействие дислокаций. Малоугловые границы. Пересечение дислокаций. Расщепление дислокаций. Плотность дислокаций. Деформация, обусловленная скольжением дислокаций. Механическое двойникование. Резюме по разделу 1.	2
5	2	Дислокационное упрочнение. Твердорастворное упрочнение. Дисперсионное упрочнение. Зернограничное упрочнение.	2
6	2	Результатирующее критическое напряжение сдвига. Термически активируемое и атермическое движение дислокаций. Температурная и скоростная зависимость предела текучести. Резюме по разделу 2.	2
7	3	Испытания на растяжение и сжатие. Инженерные и истинные напряжения и деформации. Испытания в условиях плоской деформации. Метод кручения. Устройство и возможности симуляторов термомеханических процессов.	2
8	4	Определение холодной и теплой деформации. Диаграммы деформации монокристаллов. Стадии упрочнения. Диаграммы деформации поликристаллов. Зависимость вида диаграмм деформации от температуры.	2
9	4	Простейшая дислокационная модель пластической деформации Тейлора. Дислокационные модели пластической деформации, учитывающие явление динамического возврата.	2

10	4	Неустойчивость пластического течения. Пути повышения однородного удлинения. TRIP и TWIP эффекты.	2
11	4	Знакопеременная деформация. Эффект Баушингера.	2
12	5	Особенности горячей деформации. Механизм динамического возврата в условиях горячей деформации. Параметр Зинера-Холломоны. Динамическая рекристаллизация. Дислокационные модели горячей деформации, учитывающие динамический возврат и динамическую рекристаллизацию.	2
13	5	Процессы в междеформационных паузах горячей деформации. Статическая и метадинамическая рекристаллизация.	2
14	5	Контролируемая прокатка с ускоренным охлаждением. Рекристаллизационная контролируемая прокатка.	2
15	6	Механизмы высокотемпературной ползучести. Пути повышения жаропрочности.	2
16	6	Явление сверхпластичности.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Определение систем скольжения в ГЦК, ОЦК и ГПУ металлах. Расчет ориентационных факторов Шмидта для монокристаллов разной ориентировки. Расчет напряжений Пайерлса.	2
2	1	Расчет напряжений для начала работы источника Франка-Рида. Расчет напряжений в голове плоского скопления. Анализ упругого взаимодействия дислокаций.	2
3	1	Примеры дислокационных реакций и пересечения дислокаций. Расщепление дислокаций и дефекты упаковки в ГЦК кристаллах. Расчет ширины расщепленных дислокаций по заданной энергии дефектов упаковки. Двойникующие дислокации.	2
4	1	Методы оценки плотности дислокаций. Контрольная работа по разделу 1	2
5	2	Расчет вкладов разных механизмов упрочнения в предел текучести сталей и сплавов.	2
6	2	Анализ вкладов в термически активируемое и атермическое скольжение дислокаций. Контрольная работа по разделу 2.	2
7	3	Расчет диаграмм растяжения в инженерных координатах в диаграммы "истинное напряжение - истинная деформация". Контрольная работа по разделу 3.	2
8	4	Расчет скорости деформационного упрочнения по заданным кривым деформации. Нахождение показателя деформационного упрочнения в эмпирическом выражении Холломоны.	2
9	4	Вывод выражений для напряжения деформирования в дислокационных моделях пластической деформации.	2
10	4	Анализ TRIP и TWIP эффектов в сталях по литературным источникам.	2
11	4	Примеры проявления эффекта Баушингера. Контрольная работа по разделу 4.	2
12	5	Оценка энергии активации процессов горячей деформации из экспериментальных кривых горячей деформации. Расчет параметра Зинера-Холломоны и оценка установившихся напряжений течения для различных режимов горячей деформации.	2
13	5	Расчет кинетики динамической рекристаллизации. Оценка доли и размера динамически рекристаллизованных зерен.	2
14	5	Анализ литературных данных по контролируемой прокатке трубных сталей.	2

		Контрольная работа по разделу 5.	
15	6	Анализ кривых ползучести. Определение механизма ползучести из анализа экспериментальных данных	2
16	6	Анализ литературных данных по современным жаропрочным сплавам. Контрольная работа по разделу 6.	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к экзамену	Основная, дополнительная и методическая литература (см. раздел "Информационное обеспечение")	3	67,5
Подготовка к занятиям	Основная, дополнительная и методическая литература (см. раздел "Информационное обеспечение")	2	69,75

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-мestr	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тыва-ется в ПА
1	3	Текущий контроль	Контрольная работа по разделу 1	1	10	Контрольная работа содержит 5 вопросов (заданий). Максимальный балл за каждый вопрос (задание) составляет 2 балла. За правильный и полный ответ начисляется 2 балла; за ответ, содержащий неточности - 1 балл; при отсутствии ответа или за ответ с грубыми ошибками - 0 баллов. Исходя из количества набранных баллов рассчитывается рейтинг обучающегося по контрольному мероприятию согласно Положению о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности, утвержденному приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022. Вес контрольной работы в расчете рейтинга по текущему контролю равен 1.	экзамен

2	3	Текущий контроль	Контрольная работа №2	1	10	Контрольная работа содержит 5 вопросов (заданий). Максимальный балл за каждый вопрос (задание) составляет 2 балла. За правильный и полный ответ начисляется 2 балла; за ответ, содержащий неточности - 1 балл; при отсутствии ответа или за ответ с грубыми ошибками - 0 баллов. Исходя из количества набранных баллов рассчитывается рейтинг обучающегося по контрольному мероприятию согласно Положению о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности, утвержденному приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022. Вес контрольной работы в расчете рейтинга по текущему контролю равен 1.	экзамен
3	3	Текущий контроль	Контрольная работа №3	1	10	Контрольная работа содержит 5 вопросов (заданий). Максимальный балл за каждый вопрос (задание) составляет 2 балла. За правильный и полный ответ начисляется 2 балла; за ответ, содержащий неточности - 1 балл; при отсутствии ответа или за ответ с грубыми ошибками - 0 баллов. Исходя из количества набранных баллов рассчитывается рейтинг обучающегося по контрольному мероприятию согласно Положению о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности, утвержденному приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022. Вес контрольной работы в расчете рейтинга по текущему контролю равен 1.	экзамен
4	3	Текущий контроль	Контрольная работа №4	1	10	Контрольная работа содержит 5 вопросов (заданий). Максимальный балл за каждый вопрос (задание) составляет 2 балла. За правильный и полный ответ начисляется 2 балла; за ответ, содержащий неточности - 1 балл; при отсутствии ответа или за ответ с грубыми ошибками - 0 баллов. Исходя из количества набранных баллов рассчитывается рейтинг обучающегося по контрольному мероприятию согласно Положению о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности, утвержденному приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022. Вес контрольной работы в расчете рейтинга по текущему контролю равен 1.	экзамен
5	3	Текущий контроль	Контрольная работа №5	1	10	Контрольная работа содержит 5 вопросов (заданий). Максимальный балл за каждый вопрос (задание) составляет 2 балла. За правильный и полный ответ начисляется 2 балла; за ответ, содержащий неточности	экзамен

						- 1 балл; при отсутствии ответа или за ответ с грубыми ошибками - 0 баллов. Исходя из количества набранных баллов рассчитывается рейтинг обучающегося по контрольному мероприятию согласно Положению о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности, утвержденному приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022. Вес контрольной работы в расчете рейтинга по текущему контролю равен 1.	
6	3	Текущий контроль	Контрольная работа №6	1	10	Контрольная работа содержит 5 вопросов (заданий). Максимальный балл за каждый вопрос (задание) составляет 2 балла. За правильный и полный ответ начисляется 2 балла; за ответ, содержащий неточности - 1 балл; при отсутствии ответа или за ответ с грубыми ошибками - 0 баллов. Исходя из количества набранных баллов рассчитывается рейтинг обучающегося по контрольному мероприятию согласно Положению о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности, утвержденному приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022. Вес контрольной работы в расчете рейтинга по текущему контролю равен 1.	экзамен
7	3	Промежуточная аттестация	экзамен	-	8	Экзаменационные билеты содержат по четыре вопроса (задания). Максимальный балл за каждый вопрос (задание) составляет 2 балла. За правильный и полный ответ начисляется 2 балла; за ответ, содержащий неточности - 1 балл; при отсутствии ответа или за ответ с грубыми ошибками - 0 баллов.	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	На экзамене происходит оценивание учебной деятельности обучающегося по дисциплине на основе его рейтинга по мероприятиям текущего контроля. Используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности, утвержденная приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022. Для улучшения своего рейтинга обучающийся вправе пройти контрольное мероприятие в рамках экзамена. В этом случае рейтинг по дисциплине рассчитывается как сумма рейтинга по текущему контролю (с коэффициентом 0,6) и рейтинга обучающегося по экзамену (с коэффициентом 0,4). Экзамен проводится письменно.. Билет включает 3 вопроса. Для подготовки	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

	ответов отводится 45 минут. Рейтинг обучающегося по экзамену рассчитывается как процентное отношение суммы начисленных баллов за каждый вопрос (задание) к максимально возможному баллу.	
--	--	--

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ						
		1	2	3	4	5	6	7
ПК-1	Знает: механизмы упрочнения, дислокационные модели холодной и горячей деформации, ползучести и сверхпластичности металлических материалов	++	++			+		+
ПК-1	Умеет: использовать дислокационные модели для предсказания поведения материалов в процессе пластической деформации	++	++			+		+
ПК-1	Имеет практический опыт: физического моделирования процессов пластической деформации	++						+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Мирзаев, Д. А. Физические основы прочности Ч. 1 Учеб. пособие Д. А. Мирзаев; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. металловедение и физика твердого тела; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. металловедение и физика твердого тела ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2000. - 141,[1] с. ил.

2. Мирзаев, Д. А. Физические основы прочности Ч. 2 Учеб. пособие Д. А. Мирзаев, К. Ю. Окишев; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. металловедение и физика твердого тела; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. металловедение и физика твердого тела; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2004. - 131, [1] с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Пластическая деформация металлов и сплавов [Текст] сб. ст. под науч. ред. П. И. Полухина; Моск. ин-т стали и сплавов. - М.: Металлургия, 1977. - 127 с. ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Физика металлов и металловедение науч.-техн. журн. Рос. акад. наук, Отд-ние общ. физики и астрономии, Урал. отд-ние РАН журнал. - Екатеринбург, 1955-

2. Деформация и разрушение материалов науч.-техн. и произв. журн. Изд. ООО "Наука и технологии" журнал. - М., 2006 -

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Физика прочности и механические испытания металлов : курс лекций / Ю.Н. Симонов, М.Ю. Симонов. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. – 199 с

2. Конспект лекций по курсу "Физика деформации материалов"

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Физика прочности и механические испытания металлов : курс лекций / Ю.Н. Симонов, М.Ю. Симонов. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. – 199 с

2. Конспект лекций по курсу "Физика деформации материалов"

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
2	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Мирзаев, Д. А. Основы теории дефектов, прочности и пластичности кристаллов [Текст] учеб. пособие по направлениям "Физика", "Приклад. механика", "Металлургия" и "Материаловедение" Д. А. Мирзаев, К. Ю. Окишев ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. материаловедение и физика твердого тела https://lib.susu.ru/

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)"-Портал "Электронный ЮУрГУ" (<https://edu.susu.ru/>)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	302 (1)	Компьютер, медиапроектор, экран
Лекции	302 (1)	Компьютер, медиапроектор, экран